

Beschreibung

Reversierender Linearantrieb mit Mitteln zur Erfassung einer Ankerposition

- [001] Die Erfindung bezieht sich auf einen reversierenden Linearantrieb
- mit mindestens einer mit einem veränderlichen Strom zu beaufschlagenden Erregerwicklung,
 - mit einem magnetischen Anker, der von dem Magnetfeld der Erregerwicklung in eine lineare, in einer axialen Richtung mit einem Ankerhub oszillierende Bewegung zu versetzen ist,
- [002] sowie
- mit Mitteln zur Erfassung der Ankerposition.
- [003] Ein solcher Linearantrieb geht aus der JP 2002-031054 A hervor.
- [004] Entsprechende Linearantriebe werden insbesondere dafür eingesetzt, Pumpkolben von Verdichtern in eine lineare, oszillierende Schwingung zu versetzen. Das System aus einem derartigen Verdichter und Linearantrieb wird deshalb auch als Linearverdichter bzw. –kompressor bezeichnet (vgl. die eingangs genannte JP-A-Schrift). Bei entsprechenden bekannten Linearverdichtern bildet der z.B. über wenigstens ein Federelement schwingungsfähig aufgehängte Anker ein Feder-Masse-System, das für eine bestimmte Schwingungsfrequenz ausgelegt ist. Dabei wirkt der Verdichter mit seiner Kraft-Weg-Kennlinie in gewisser Weise auch wie eine Feder, die zu der verwendeten Feder quasi parallelgeschaltet ist und somit die Eigenfrequenz des Systems mitbestimmt.
- [005] Zu einer Steuerung des Ankerposition solcher reversierenden Linearantriebe ist vielfach eine möglichst genaue Erfassung der aktuellen, d.h. tatsächlichen Ankerposition wünschenswert. Hierzu wird bisher entweder die Ankerposition nicht-kontinuierlich erfasst, z.B. diskontinuierlich durch Schließen eines elektrischen Kontaktes, wenn der Anker eine bestimmte Position erreicht hat. Auch eine kontinuierliche Positionsmessung ist bekannt, z.B. über die in der Erregerwicklung induzierte Spannung. Entsprechende Erfassungen der Ankerposition sind jedoch verhältnismäßig ungenau.
- [006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, den reversierenden Linearantrieb mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszubilden, dass eine hochauflösende Positionsbestimmung der jeweiligen Ankerposition ermöglicht wird.
- [007] Diese Aufgabe wird mit den in Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. Demgemäss soll der reversierende Linearantrieb mit den eingangs genannten

BEST AVAILABLE COPY

Merkmale dahingehend ausgebildet sein, dass seine zumindest zur Erfassung der Ankerposition vorgesehenen Mittel ein sich zumindest über den gesamten axialen Ankerhub erstreckendes Streifenmuster-element mit alternierender Anordnung von lichtdurchlässigen und nicht-lichtdurchlässigen Streifen oder von lichtreflektierenden und nicht-lichtreflektierenden Streifen sowie wenigstens eine Lichtschranke mit lichtaussendenden und lichtempfangenden Teilen, deren Lichtstrahlen zumindest annähernd senkrecht bezüglich der axialen Richtung und des Streifenmuster-elementes ausgerichtet sind, aufweisen.

[008] Die mit dieser Ausgestaltung des Linearantriebs verbundenen Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, dass eine Positionsmessung und/oder einer aus der Positionsmessung und einer Zeitmessung ableitbaren Geschwindigkeitsmessung des Ankers sehr genau und sehr preiswert unter Verwendung bekannter Lichtschranken ermöglicht wird. Auch eine z.B. drucktechnische Herstellung des Streifenmuster-elementes, beispielsweise nach Art eines "Bar-Codes", ist ebenfalls kostengünstig und mit ausreichender Präzision möglich. Die genaue und kontinuierliche Ankerpositionsmessung erlaubt dann eine genauere Regelung der Ankerposition insbesondere eines Linearverdichters und trägt so zu einem besseren Wirkungsgrad dieses Verdichters bei. Außerdem gestattet die Positionsmessung zusätzlich größere Toleranzen in der Fertigung, da die absolute Position eines oberen Totpunktes des Ankerhubs relativ zu einer Referenzmarke mit minimalem Zusatzaufwand gemessen und z.B. in einer Motorsteuerung hinterlegt werden kann.

[009] Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen reversierenden Linearantriebs gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor. Dabei kann die Ausführungsform nach Anspruch 1 mit den Merkmalen eines der Unteransprüche oder vorzugsweise auch mit denen aus mehreren Unteransprüchen kombiniert werden. Demgemäß können für den Linearantrieb zusätzlich noch folgende Merkmale vorgesehen werden:

- Das Streifenmuster-element kann zweckmäßig mit dem Anker starr verbunden sein. Gegebenenfalls ist aber auch möglich, dass die mindestens eine Lichtschranke mit dem Anker beweglich angeordnet wird.
- Außerdem kann die Lichtschranke vorteilhaft als eine Doppellichtschranke ausgebildet sein. Eine solche Lichtschranke ermöglicht eine doppelt genaue Ortsauflösung und eine einfache Erfassung der Richtungsumkehr in der Ankerbewegung.
- Ferner können die lichtdurchlässigen Streifen und die nicht-lichtdurchlässigen Streifen oder die lichtreflektierenden Streifen und die nicht-lichtreflektierenden Streifen jeweils die gleiche axiale Ausdehnung aufweisen. Gegebenenfalls sind aber auch ungleiche, sich sogar in Abhängigkeit von der axialen Position ändernde axiale Ausdehnungen der einzelnen Streifen

möglich.

- Außerdem oder dabei kann die axiale Ausdehnung der lichtdurchlässigen und/oder nicht-lichtdurchlässigen bzw. der lichtreflektierenden und/oder der nichtlichtreflektierenden Streifen jeweils unter 0,25 mm liegen.
- Das Streifenmusterelement kann insbesondere kammartig ausgebildet sein.
- Besonders vorteilhaft kann das Streifenmuster des Streifenmusterelementes zusätzlich mindestens einen gesondert auswertbaren Triggerstreifen aufweisen. Entweder kann dieser Triggerstreifen von der vorhandenen Lichtschranke mit erfasst werden; stattdessen ist es auch möglich, das hierzu auch eine weitere (Einfach-)Lichtschranke vorgesehen ist. Mit einem solchen Triggerstreifen kann insbesondere eine Kalibrierung der Absolutposition des Ankers vorgenommen werden.
- Selbstverständlich können neben den Mitteln zur Positionserfassung des Ankers zusätzlich noch weitere Mittel zu einer Erfassung seiner Geschwindigkeit und/oder der Bewegungsrichtung vorgesehen sein.

[010] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen reversiblen Linearantriebs gehen aus den vorstehend nicht angesprochenen Unteransprüchen und der Zeichnung hervor.

[011] Die Erfindung wird nachfolgend an Hand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. Von deren Figuren zeigen

[012] Figur 1 im Querschnitt einen Teil durch einen erfindungsgemäßen reversierenden Linearantrieb,

[013] deren Figuren 2 und 3 zwei Ausbildungsmöglichkeiten einer Doppellichtschranke für eine solche Antrieb,

[014] deren Figur 4 ein simuliertes Messdiagramm einer zeitabhängigen Ankerpositionsmessung unter Verwendung einer entsprechenden Doppellichtschranke

[015] und

[016] deren Figur ein simuliertes Messdiagramm einer zeitabhängigen Ankergeschwindigkeitsmessung mit einer solchen Doppellichtschranke.

[017] In den Figuren sind sich entsprechende Teile jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[018] Bei dem in Figur 1 angedeuteten reversiblen Linearantrieb nach der Erfindung wird von an sich bekannten Ausführungsformen ausgegangen, wie sie für Linearverdichter vorgesehen werden (vgl. die eingangs genannte JP-A-Schrift). Die Figur zeigt schematisch im Wesentlichen nur den oberen Teil eines Querschnitts durch einen solchen Linearantrieb 2; d.h., in der Figur sind nur die Einzelheiten dargestellt, die sich auf einer Seite einer Achse oder Ebene A, welche sich in einer axialen Schwin-

gungsrichtung erstreckt, befinden. Weitere, nicht dargestellte Teile sind an sich bekannt. Der Linearantrieb 2 umfasst mindestens eine Erregerwicklung 4, der wenigstens ein magnetflussführender Jochkörper 5 zugeordnet ist. In einer kanalartigen oder schlitzartigen Bereich 7 unterhalb dieses Jochkörpers befindet sich ein magnetischer Anker oder Ankerteil 8 mit beispielsweise zwei axial hintereinander angeordneten Permanentmagneten. Deren Magnetisierungsrichtungen sind durch gepfeilte Linien m1 und m2 angedeutet sind. Der auch als "Ankerschlitten" bezeichnete Anker weist axial seitliche, nicht näher ausgeführte Verlängerungsteile auf. Er kann in dem veränderlichen Magnetfeld der Wicklung 4 in axialer Richtung eine oszillierende Bewegung z.B. um eine Position(smarke) P ausführen. Für die Darstellung in der Figur wurde vereinfachend davon ausgegangen, dass die Oszillation bzgl. der Position P so erfolgt, dass die maximale Auslenkung aus dieser Position in axialer Richtung x, d.h. die Schwingungsamplitude, mit den Werten +L bzw. -L zu bezeichnen ist. Der Ankerhub H wäre folglich $|2L|$. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Position P nicht ortsfest sein muss. Insbesondere beim einem Einschwingvorgang kann die Position P deutlich von der für eine Ankerbewegung unter Normalbedingungen angenommenen abweichen. D.h., die Ankerschwingung ist im Allgemeinen nicht andauernd symmetrisch zur Position P. Sähe man die Position P als ortsfest an, so wären die diesbezüglich positiven und negativen Hubanteile vielfach nicht gleich groß.

[019] Wie ferner in der Figur angedeutet ist, können bei dem gewählten Ausführungsbeispiel zwei ortsfest eingespannte Blattfedern 9 und 9' zu beiden Seiten der Position P an verlängerten Teilen des Ankers 8 angreifen. Ferner kann vorteilhaft an zumindest einer Seite des Verlängerungsteils des Ankers 8 dieser starr mit einem Pumpkolben eines in der Figur nicht näher dargestellten Verdichters V verbunden sein.

[020] Figur 2 zeigt den Anker 8 eines erfindungsgemäßen Linearantriebs mit zwei Permanentmagneten PM1 und PM2. Auf dem Anker befindet sich quasi als ein "Reiter" ein Streifenmusterelement 10 in Form eines Lichtschrankenkamms, wie er z.B. von linearen optischen Sensoren her bekannt ist (vgl. das Buch

[021] "Linear Synchronous Motors : Transportation and Automation Systems" von J.F.Gieras & Z.J.Piech, CRC Press, USA, 2000, Seiten 149 bis 167). Das Streifenmusterelement 10 weist in axialer Richtung alternierend hintereinander angeordnete lichtundurchlässige, linienartige Streifen 11i und entsprechende lichtdurchlässige, linienartige Streifen 12i auf, die vorzugsweise alle eine gleiche axiale Ausdehnung bzw. Breite von insbesondere unter 0,25 mm besitzen. Zur Verdeutlichung sind in der Figur die Streifen 11i durch schwarze Linien und die dazwischen liegenden lichtdurchlässigen Streifen 12i durch hell gelassene Zwischenräume veranschaulicht. Vorzugsweise deckt die Anordnung aus lichtdurchlässigen und lichtundurchlässigen

Streifen zumindest den gesamten axialen tatsächlichen Hub H des Ankers 8 ab.

[022] Der Lichtschrankenkamm kann aus lichtundurchlässigem Material bestehen und mechanisch zackenförmig ausgebildet sein. Alternativ besteht er aus lichtdurchlässigem Material und ist mit einem lichtundurchlässigen Streifenmuster bedruckt. Wenn der Ankerschlitten selbst aus lichtdurchlässigem Material besteht (z.B. GFK, das IR-durchlässig ist), so kann der Lichtschrankenkamm auch durch direktes Bedrucken des Schlittenmaterials erzeugt werden.

[023] Der Lichtschrankenkamm 10, der sich mit dem Anker 8 bewegt, durchfährt eine unbewegliche, ortsfest installierte Transmissions-Lichtschranke 14, deren alternierendes Signal über die bekannte Periodenlänge (= Breite zweier benachbarter Streifen, von denen einer lichtdurchlässig und der andere lichtundurchlässig ist) des Lichtschrankenkamms eine Positionsmessung zulässt. Für das Ausführungsbeispiel sei eine Doppellichtschranke ausgewählt, obwohl auch eine Einfach-Lichtschranke geeignet ist. Eine Doppellichtschranke ermöglicht eine doppelt genaue Ortsauflösung und eine Erfassung der Richtungsumkehr der Ankerbewegung. Aber auch mit einer Einfach-Lichtschranke sind entsprechende Werte zu erreichen, z.B. durch eine Verfeinerung des Streifenmusters und eine Messung der von der Ankerbewegung in der Erregerwicklung induzierten Spannung, die bei einer Ankerumkehr null ist. Die beide Lichtstrahlen der gewählten Transmissions-Doppellichtschranke 14 sind senkrecht bezüglich der axialen Richtung und des Streifenmusterelementes 10 ausgerichtet sind. Deren beide Lichtschrankenelemente 16a und 16b sind dabei vorteilhaft so axial positioniert, dass sie nicht dasselbe Rastermaß wie benachbarte lichtdurchlässige Streifen 12i haben, sondern ihre Mitten weiter beabstandet sind als die Mitten benachbarter Streifen. Die örtliche Auflösung der Doppellichtschranke 14 liegt bei ca. 1/4 der Periodenlänge des Lichtschrankenkamms. Außerdem ermöglicht die Doppellichtschranke die Erkennung der Bewegungsrichtung des Ankers.

[024] In dem Übergang zwischen hell und dunkel ist weitere Information enthalten. Durch Subtraktion oder Addition der beiden Lichtschrankensignale entstehen neben den 90°-Signalen noch 45°-Signale, wodurch die Auflösung auf 1/8 der Periodenlänge erhöht werden kann. Hierzu und auch sonst sollte die Periodenlänge des Streifenmusters auf den axialen Abstand der beiden Lichtschrankensammler des Doppellichtschranke abgestimmt sein.

[025] Der als Ausführungsform des Streifenmusterelementes 10 vorgesehenen Lichtschrankenkamm enthält vorteilhaft zusätzlich noch mindestens einen Triggersignalstreifen 17 z.B. in Form eines längeren Striches. Dieser Streifen ist vorzugsweise an einer Stelle angeordnet, wo die Ankergeschwindigkeit nahe ihres Maximums ist. Das Triggersignal, das einer bekannten Position entspricht, dient in erster Linie der Kalibrierung der Ortsmessung, die vorteilhaft in jeder Halbwelle der Ankerbewegung

durchgeführt wird. Des weiteren kann das Triggersignal als solches vorteilhaft in einem Algorithmus zur Regelung der Ankerposition verwendet werden.

- [026] Durch geeignete halbüberlappende Anordnung der Doppellichtschränke 14 gemäß Figur 2 kann die Doppellichtschränke direkt zur Auswertung des Triggersignals verwendet werden. Da beispielsweise LED-Fototransistorpaare der Transmissions-Doppellichtschränke 14 geometrisch höher als breit gewählt werden und vertikal so anzuordnen sind, dass der normale Lichtschränkenkamm ohne Triggerstreifen 17 nur etwa halb abgedeckt wird, kann so an der Signalamplitude, die die Doppellichtschränke liefert, auch das Überfahren des Triggersignalstreifens erkannt werden.
- [027] Das Triggersignal wird zwingend nur während des Motoranlaufes benötigt. Eine kostengünstige Variante nutzt daher zum Auswerten des Triggersignals einen Signaleingang z.B. AD-Wandler, der am Anfang des Anlaufes noch nicht zwingend benötigt wird. z.B. den AD-Eingang eines Stromsensors.
- [028] Alternativ liegt die Referenzmarke außerhalb des Normarbeitsbereichs. Durch einmaliges Überschreiten des Normbereichs beim Anlauf kann so mit den selben Sensoren die absolute Ankerposition detektiert werden.
- [029] Unabhängige Messverfahren wie z.B. eine elektrische Kontaktmessung bei Berührung einer Referenzmarke können ebenfalls als Referenzverfahren eingesetzt werden. Auf das vorbeschriebene optische Triggersignal könnte dann gegebenenfalls verzichtet werden. Wird eine entsprechende Referenzmarke zu einem oberen oder unteren Anschlag bzw. Totpunkt einer Last wie z.B. eines Kompressorkolbens justiert, so können die Koordinatensysteme der Last und somit des Antriebs kalibriert werden.
- [030] Der Lichtschränkenkamm kann auch nicht-äquidistant ausgeprägt sein mit maximaler Ortsauflösung nahe der Ankerumkehrpunkte und verringerter Ortsauflösung im Bereich maximaler Ankergeschwindigkeit.
- [031] Durch zeitliche Differentiation der mit der Lichtschränke gemessenen Position ergibt sich ein Messwert für die Ankergeschwindigkeit.
- [032] Alternativ kann dieses transmissive Verfahren auch reflektiv aufgebaut sein. Hierzu muss das Streifenmusterelement mit spiegelnden und absorbierende Strichmustern versehen sein. Ein reflektives Verfahren hat den Vorteil, dass man auf gegenüberliegenden Seitenflächen des Ankers bzw. eines damit verbundenen Trägers Streifenmuster aufbringen kann, die gegebenenfalls sogar unterschiedlich hinsichtlich Streifenbreite und -anordnung sind. Hiermit lässt sich nicht nur die Messgenauigkeit erhöhen; es kann eine Seite auch zu einer Referenzmessung dienen.
- [033] Während des Anlaufs bei Druckausgleich eines mit dem Linearantrieb mechanisch gekoppelten Verdichters können weiterhin durch eine spezielle Ansteuerung der Kolbenanschlag dieses Verdichters sowie ein weiterer Anschlag auf der kolbenabgewandten Seite "sanft" bestimmt werden. Die kolbenabgewandte Seite kann in allen

Betriebszuständen vom Antrieb erreicht werden und kann somit als betriebszustandsunabhängiges Referenzsignal beim Anlaufen genutzt werden.

- [034] Das Streifenmusterelement mit Auswertung kann weiterhin bei der Herstellung des Antriebes zur Vermessung der mechanischen Toleranzen in Bewegungsrichtung sowie der Funktionsprüfung eingesetzt werden z.B. Messen des Hubes, Messen der Anschläge, gegebenenfalls auch bei einer Fremdbewegung.
- [035] Die Ausführungsform des Ankers 8 mit einem Streifenmusterelement und Doppellichtschanke nach Figur 3 unterscheidet sich von der nach Figur 2 im Wesentlichen dadurch, dass eine Transmissions-Doppellichtschanke 14 verwendet wird, die von dem normalen Lichtschränkenkamm eines Streifenmusterelementes 20 ohne Triggerstreifen voll abgedeckt wird. Das durch einen Triggerstreifen 21 hervorgerufene Triggersignal wird dann mit einer zusätzlichen Transmissions-Einfachlichtschanke 22 erkannt.
- [036] Das Diagramm der Figur 4 zeigt die Messung der Ankerposition x (in mm) in Abhängigkeit von der Zeit t (in s) für eine konkrete Ausführungsform einer linearen Linearantrieb.
- [037] In entsprechender Darstellung zeigt das Diagramm der Figur 5 für diese konkrete Ausführungsform die Messung der Ankergeschwindigkeit v_A (in m/s) in Abhängigkeit von der Zeit t (in s). In dem Diagramm sind bezeichnet
- [038] mit K1 die Kurve der realen Geschwindigkeit,
- [039] mit K2 die Kurve des geglätteten Lichtschränkenmesswertes,
- [040] mit K3 die Kurve des Lichtschränken-Geschwindigkeits-messwertes
- [041] und
- [042] mit K4 der zum Triggerzeitpunkt ermittelte und danach gehaltene Geschwindigkeitswert.
- [043] Selbstverständlich sind neben den vorstehend angesprochenen Mitteln zu einer optischen Erfassung der Ankerposition und abgeleiteter Größen wie Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung zusätzlich noch weitere, an sich bekannte, nicht-optische Mittel bei einem erfindungsgemäßen Linearantrieb zur Anwendung zu bringen. So kann beispielsweise eine –Kalibrierung der Absolutposition des Ankers über ein unabhängiges, anderweitiges Triggersignal wie z.B. mittels eines elektrischen Kontaktes erfolgen.
- [044] Bei den in den Figuren angedeuteten Streifenmusterelementen wurde davon ausgegangen, dass diese starr mit dem Ankerschlitten verbunden sind und die Einfach- oder Doppellichtschanke ortsfest angeordnet ist. Da es aber nur auf die Relativbewegung zwischen diesen Teilen ankommt, könnte sich z.B. die Lichtschanke auch auf dem Ankerschlitten befinden bei ortsfestem Streifenmusterelement oder anderweitig beweglich befestigt sein.
- [045] Bezugszeichenliste

- [046] 2 Linearantrieb
- [047] 4 Erregerwicklung
- [048] 5 Jochkörper
- [049] 7 flitzartiger Bereich
- [050] 8 Anker
- [051] 9, 9' Federn
- [052] 10 Streifenmusterelement
- [053] 11i lichtundurchlässige Streifen
- [054] 12i lichtdurchlässige Streifen
- [055] 14 Lichtschranke
- [056] 16a, 16b Lichtschrankenelemente
 - 1. Triggersignalstreifen
 - 1. Streifenmusterelement
- [057] 21 Triggersignalstreifen
- [058] 22 Lichtschranke
- [059] P Positionsmarke
- [060] L maximale Auslenkung
- [061] x axiale Richtung
- [062] H Ankerhub
- [063] m1, m2 Magnetisierungsrichtung
- [064] V Verdichter
- [065] PM1, PM2 Permanentmagnete
- [066] T Zeit
- [067] v_A Geschwindigkeit.
- [068] K1, K2, K3, K4 Kurven
- [069]

Ansprüche

- [001] Reversierender Linearantrieb mit mindestens einer mit einem veränderlichen Strom zu beaufschlagenden Erregerwicklung, mit einem magnetischen Anker, der von einem Magnetfeld der Erregerwicklung in eine lineare, in einer axialen Richtung mit einem Ankerhub oszillierende Bewegung zu versetzen ist, sowie mit Mitteln zur Erfassung der Ankerposition, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erfassung zumindest der Ankerposition ein sich zumindest über den gesamten axialen Ankerhub (H) erstreckendes Streifenmuster-element (10, 20) mit alternierender Anordnung von lichtdurchlässigen Streifen (12i) und nicht-lichtdurchlässigen Streifen (11i) oder von lichtreflektierenden Streifen und nicht-lichtreflektierenden Streifen sowie wenigstens eine Lichtschranke (14) mit lichtaussendenden und lichtempfangenden Teilen, deren Lichtstrahlen zumindest annähernd senkrecht bezüglich der axialen Richtung und des Streifenmuster-elementes (10, 20) ausgerichtet sind, aufweisen.
- [002] Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Streifenmuster-element (10,20) mit dem Anker (8) starr verbunden ist.
- [003] Antrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtschranke (14) als eine Doppellichtschranke ausgebildet ist.
- [004] Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtdurchlässigen und nicht-lichtdurchlässigen Streifen (12i, 11i) oder die lichtreflektierenden und nicht-lichtreflektierenden Streifen jeweils die gleiche axiale Ausdehnung aufweisen.
- [005] Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der lichtdurchlässigen Streifen (12i) und/oder der nicht-lichtdurchlässigen Streifen (11i) bzw. der lichtreflektierenden Streifen und/oder nicht-lichtreflektierenden Streifen ungleiche axiale Ausdehnungen aufweisen.
- [006] Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Ausdehnung der lichtdurchlässigen und/oder nicht-lichtdurchlässigen Streifen (12i bzw. 11i) bzw. der lichtreflektierenden und/oder nicht-lichtreflektierenden Streifen jeweils unter 0,25 mm liegt.
- [007] Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine kammartige Ausbildung des Streifenmuster-elementes (10).
- [008] Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Streifenmuster-element (10) zusätzlich mindestens einen Triggerstreifen (17, 21) aufweist.
- [009] Antrieb nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Triggerstreifen (17,

21) in einem Bereich nahe der maximalen Geschwindigkeit des schwingenden Ankerteils (8) angeordnet ist.

- [010] Antrieb nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Triggerstreifen (17) von der Lichtschranke (14) mit zu erfassen ist.
- [011] Antrieb nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass dem Triggerstreifen (21) eine gesonderte Lichtschranke (22) zugeordnet ist.
- [012] Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich Mittel zu einer Erfassung der Geschwindigkeit des Ankers (8) und/oder dessen Bewegungsrichtung vorgesehen sind.
- [013] Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anker (8) mit einem Pumpkolben eines Verdichters (V) starr verbunden ist.

FIG 1

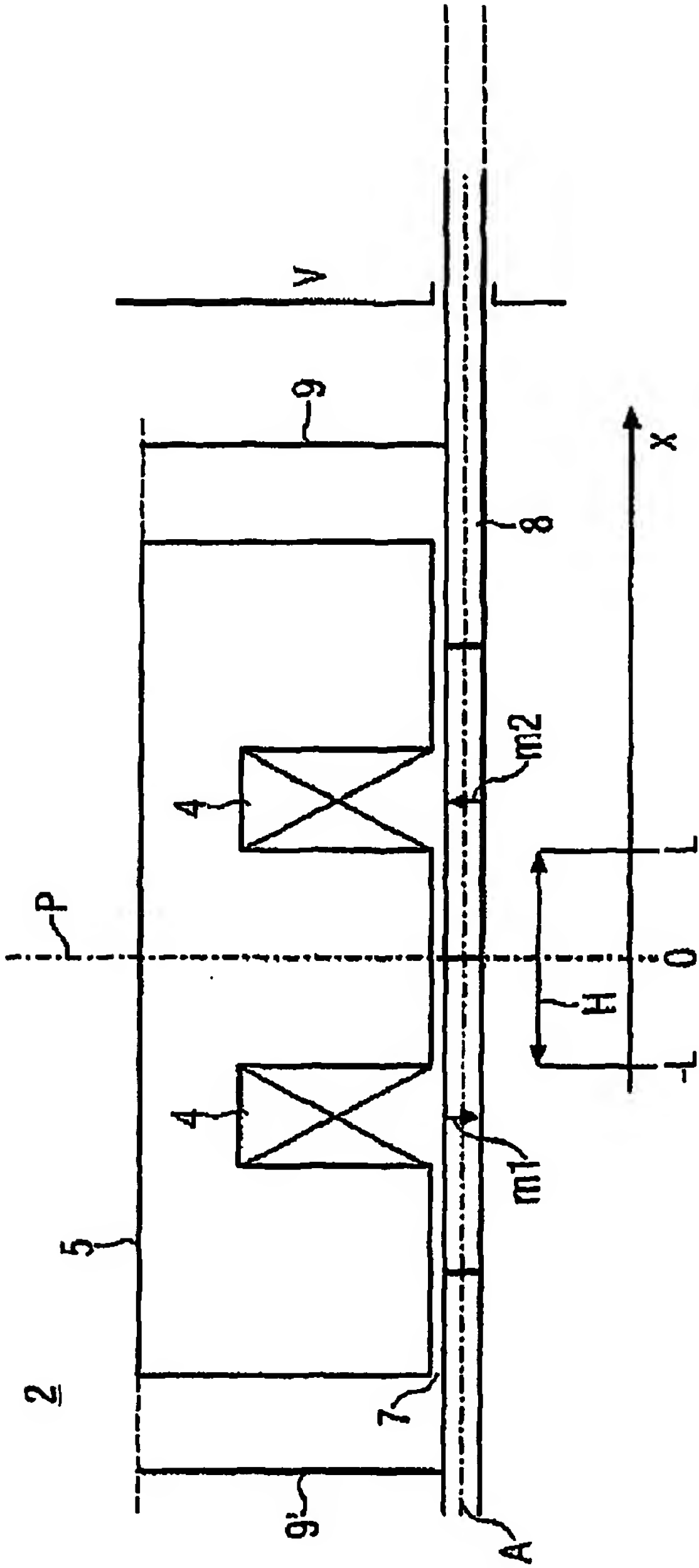


FIG 2

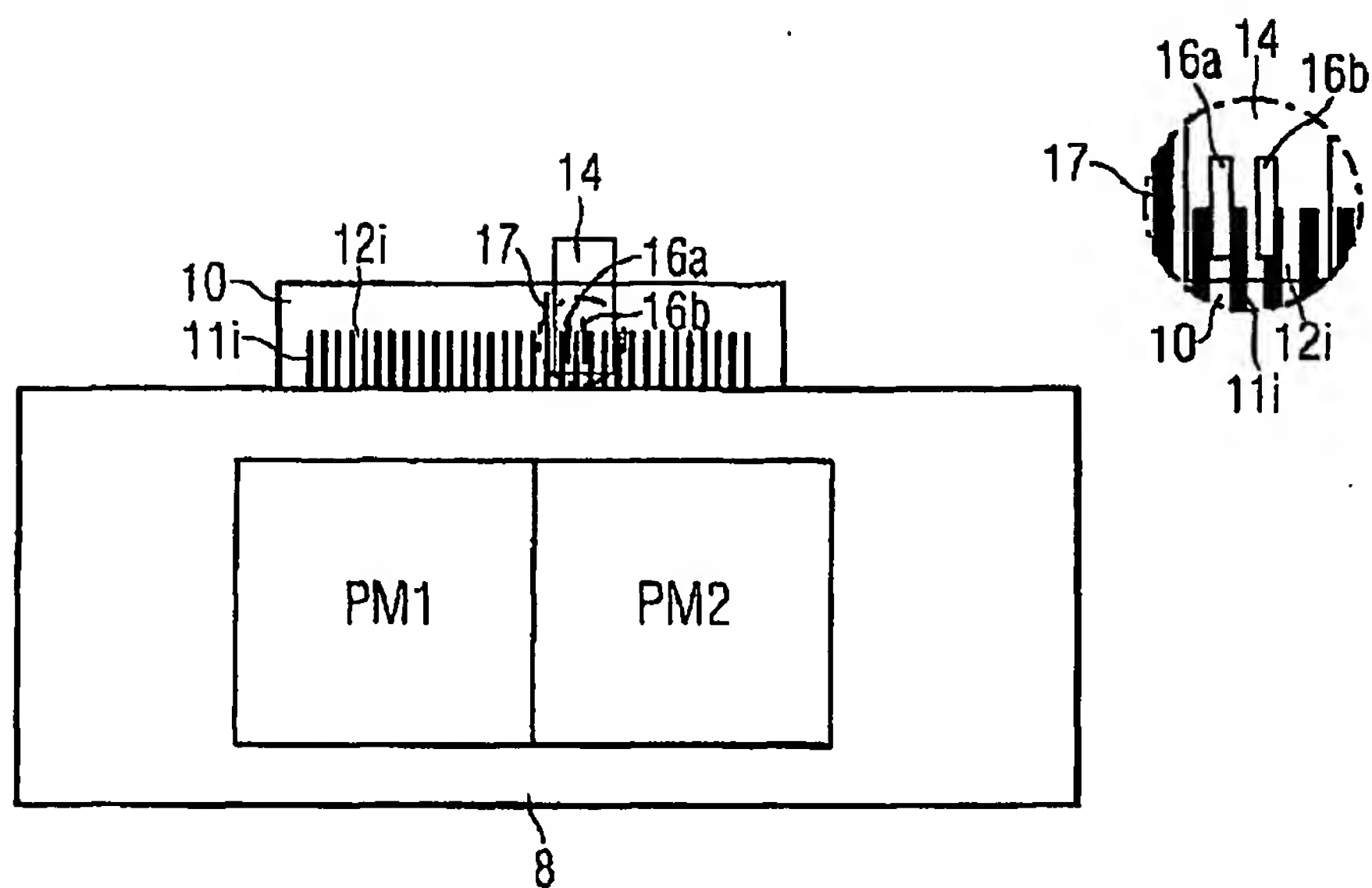


FIG 3

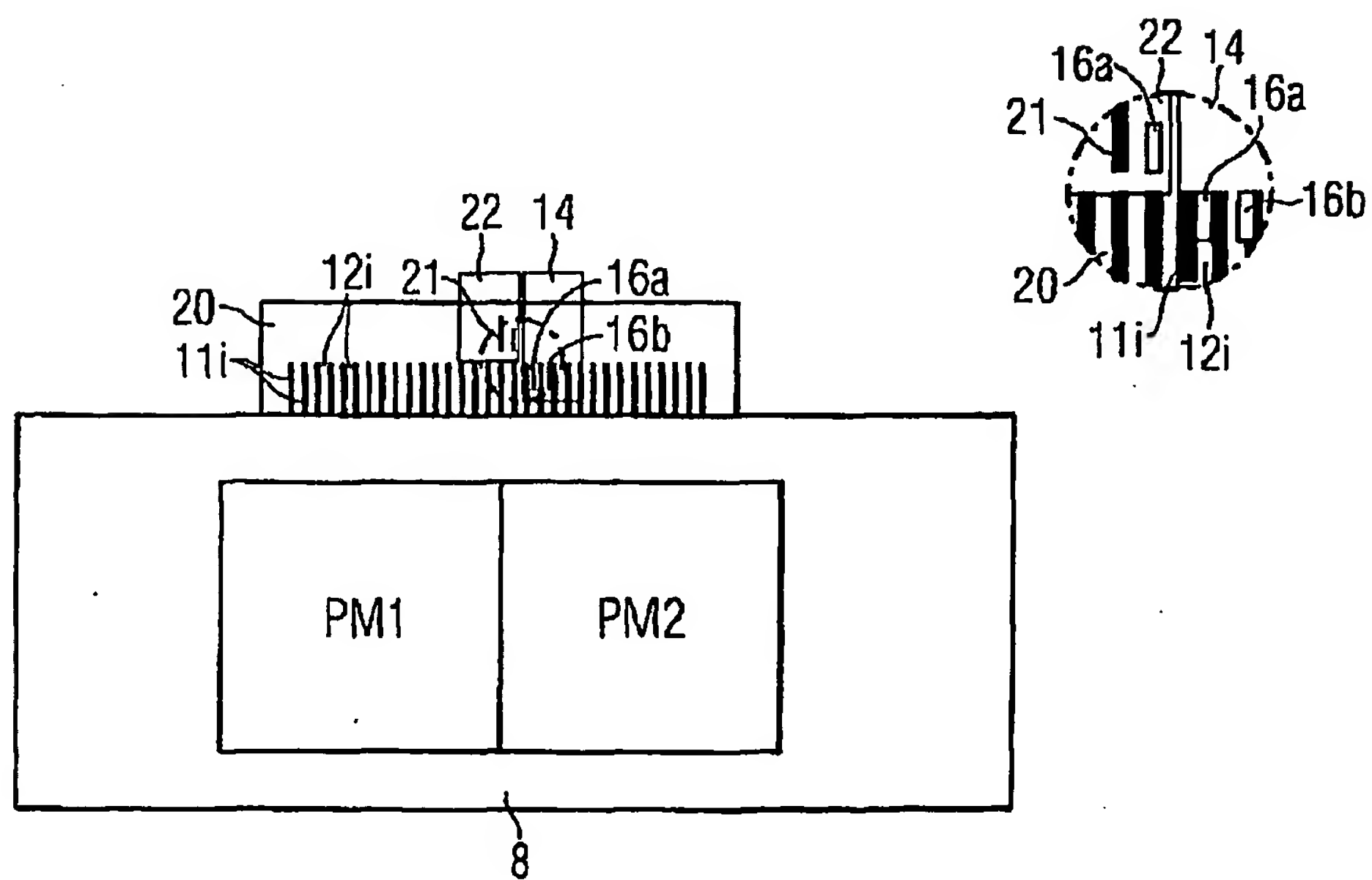


FIG 4

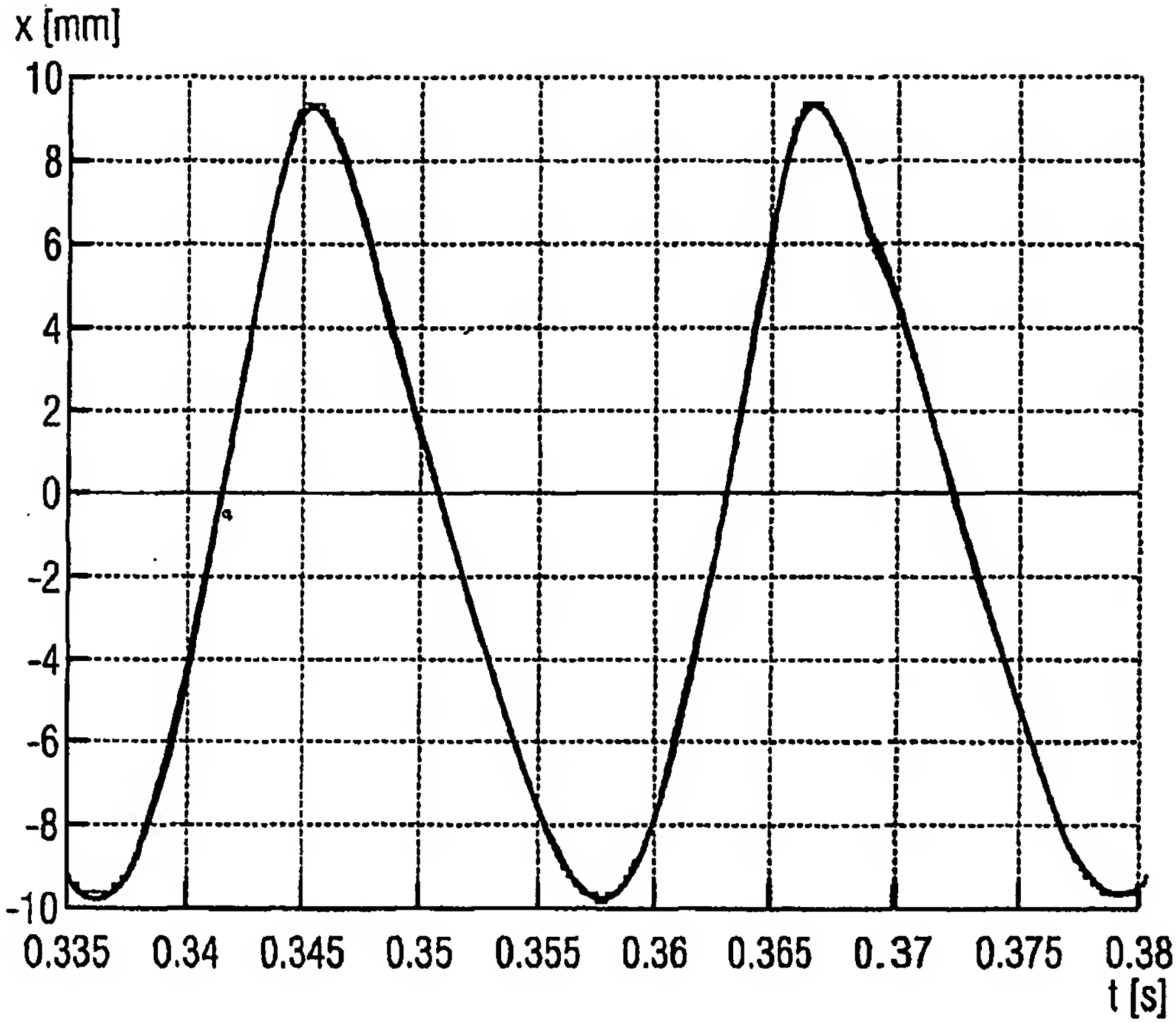
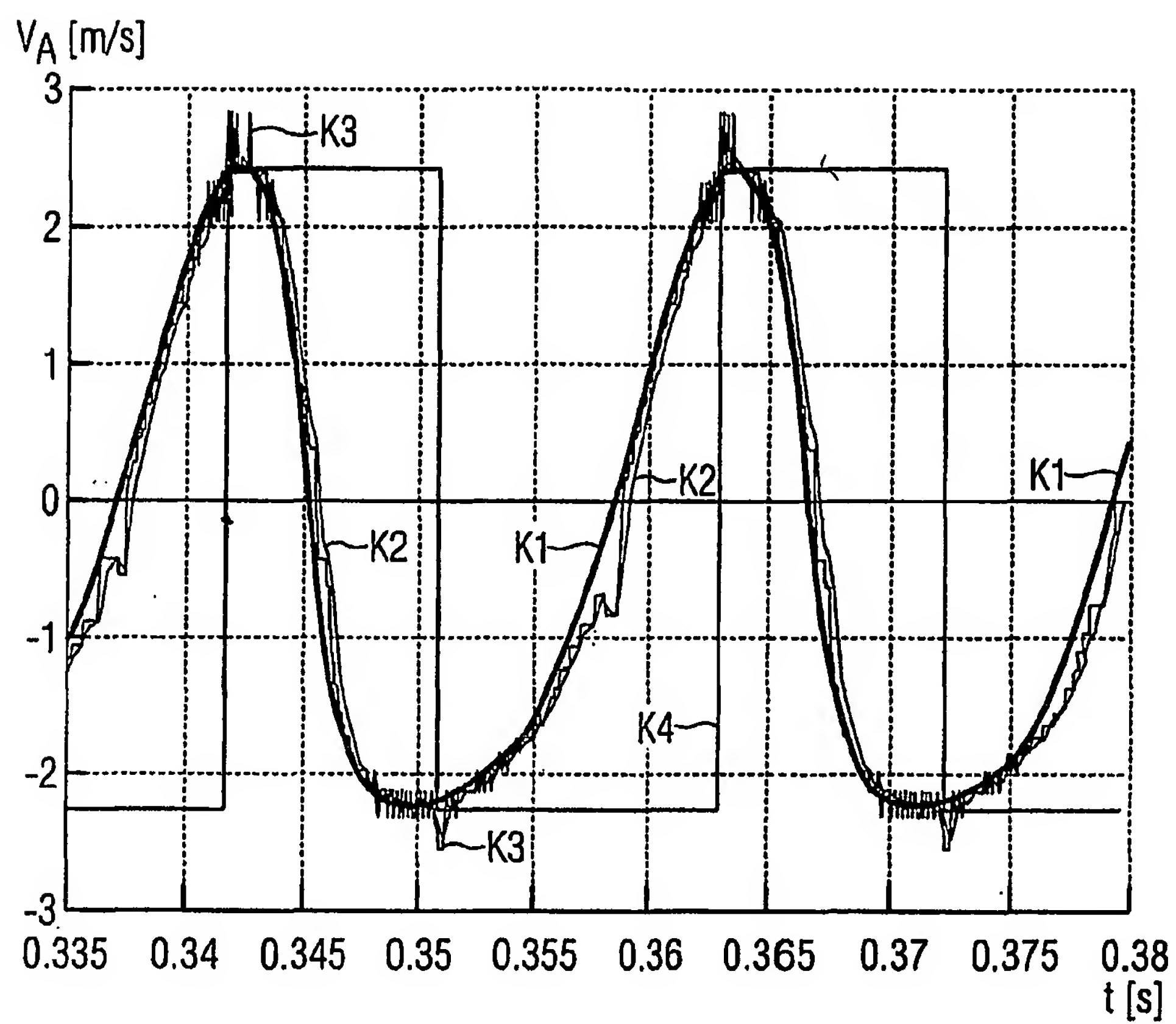


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/050952

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01D5/347 H02K33/10 F16F9/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01D H02K F16F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | US 4 463 300 A (MAYNE ET AL) 31 July 1984 (1984-07-31) | 1,2,4 |
| Y | column 7, lines 16-34; figures 2,3 | 1-13 |
| X | DE 195 34 758 A1 (YOKOGAWA ELECTRIC CORP., MUSASHINO, TOKIO/TOKYO, JP) 28 March 1996 (1996-03-28) | 1,2,4 |
| Y | abstract | 1-13 |
| Y | WO 95/01510 A (PARTEK CARGOTEC OY; SALMI, TEIJO; SIREN, STEN) 12 January 1995 (1995-01-12) | 1-11,13 |
| | abstract; figures 1-3 | |
| X | DE 297 13 979 U1 (TEXTILMA AG, HERGISWIL, CH) 16 October 1997 (1997-10-16) | 1,2,4 |
| | pages 4-5; figure 1 | |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 June 2005

Date of mailing of the international search report

21/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kallinger, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/050952

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| US 4463300 | A | 31-07-1984 | DE 3233606 A1 05-05-1983 |
| | | | FR 2513382 A1 25-03-1983 |
| | | | GB 2105879 A , B 30-03-1983 |
| | | | JP 58066595 A 20-04-1983 |
| DE 19534758 | A1 | 28-03-1996 | JP 3438344 B2 18-08-2003 |
| | | | JP 8098574 A 12-04-1996 |
| | | | JP 3017927 B2 13-03-2000 |
| | | | JP 9026333 A 28-01-1997 |
| | | | US 5742136 A 21-04-1998 |
| WO 9501510 | A | 12-01-1995 | WO 9501510 A1 12-01-1995 |
| | | | AU 4503293 A 24-01-1995 |
| | | | DE 4397478 T0 27-06-1996 |
| DE 29713979 | U1 | 16-10-1997 | AU 7517998 A 25-01-1999 |
| | | | WO 9901600 A1 14-01-1999 |
| | | | CN 1250494 A , C 12-04-2000 |
| | | | DE 59802648 D1 21-02-2002 |
| | | | EP 0993515 A1 19-04-2000 |
| | | | ES 2170495 T3 01-08-2002 |
| | | | HK 1024032 A1 09-08-2002 |
| | | | JP 2002508037 T 12-03-2002 |
| | | | TW 457309 B 01-10-2001 |
| | | | US 6182476 B1 06-02-2001 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/050952

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01D5/347 H02K33/10 F16F9/32

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01D H02K F16F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X | US 4 463 300 A (MAYNE ET AL) 31. Juli 1984 (1984-07-31) | 1,2,4 |
| Y | Spalte 7, Zeilen 16-34; Abbildungen 2,3 | 1-13 |
| X | DE 195 34 758 A1 (YOKOGAWA ELECTRIC CORP., MUSASHINO, TOKIO/TOKYO, JP) 28. März 1996 (1996-03-28) | 1,2,4 |
| Y | Zusammenfassung | 1-13 |
| Y | WO 95/01510 A (PARTEK CARGOTEC OY; SALMI, TEIJO; SIREN, STEN) 12. Januar 1995 (1995-01-12) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 | 1-11,13 |
| X | DE 297 13 979 U1 (TEXTILMA AG, HERGISWIL, CH) 16. Oktober 1997 (1997-10-16) Seiten 4-5; Abbildung 1 | 1,2,4 |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

S Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Juni 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/06/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kallinger, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050952

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 4463300 | A | 31-07-1984 | DE 3233606 A1 05-05-1983 |
| | | | FR 2513382 A1 25-03-1983 |
| | | | GB 2105879 A ,B 30-03-1983 |
| | | | JP 58066595 A 20-04-1983 |
| DE 19534758 | A1 | 28-03-1996 | JP 3438344 B2 18-08-2003 |
| | | | JP 8098574 A 12-04-1996 |
| | | | JP 3017927 B2 13-03-2000 |
| | | | JP 9026333 A 28-01-1997 |
| | | | US 5742136 A 21-04-1998 |
| WO 9501510 | A | 12-01-1995 | WO 9501510 A1 12-01-1995 |
| | | | AU 4503293 A 24-01-1995 |
| | | | DE 4397478 TO 27-06-1996 |
| DE 29713979 | U1 | 16-10-1997 | AU 7517998 A 25-01-1999 |
| | | | WO 9901600 A1 14-01-1999 |
| | | | CN 1250494 A ,C 12-04-2000 |
| | | | DE 59802648 D1 21-02-2002 |
| | | | EP 0993515 A1 19-04-2000 |
| | | | ES 2170495 T3 01-08-2002 |
| | | | HK 1024032 A1 09-08-2002 |
| | | | JP 2002508037 T 12-03-2002 |
| | | | TW 457309 B 01-10-2001 |
| | | | US 6182476 B1 06-02-2001 |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.